

Оригинальная статья / Original article

Амбулаторная диагностика эндогенной интоксикации в хирургии

А.А. Соломаха^{1✉}, natoly.solomakha@yandex.ruА.П. Власов², <http://orcid.org/0000-0003-4731-2952>, vap.61@yandex.ruВ.И. Горбаченко¹, <https://orcid.org/0000-0002-1012-8855>, gorvi@mail.ru¹ Пензенский государственный университет; 440026, Россия, Пенза, ул. Красная, д. 40² Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева; 430005, Россия, Саранск, ул. Большевикская, д. 68

Резюме

Введение. В последние годы отмечается рост числа больных с гнойными хирургическими заболеваниями с выраженной эндогенной интоксикацией и почечной дисфункцией. Проблема ранней диагностики гнойных заболеваний до сих пор окончательно не решена. Системам здравоохранения развитых индустриальных западных стран не всегда удается обеспечить всех граждан адекватной высококачественной медицинской помощью. Это обусловлено наступившим кризисом здравоохранения. Проблемы диагностики, лечения, профилактики и прогнозирования гнойных заболеваний в хирургии могут быть решены благодаря передовым цифровым технологиям.

Цель исследования. Разработать способ ранней диагностики эндогенной интоксикации в амбулаторной хирургии.

Материалы и методы. Нами были созданы три группы наблюдений для проектирования нейросетевой системы диагностики синдрома эндогенной интоксикации и хронической болезни почек. В первой группе исследовались гематологические показатели 150 здоровых людей, во второй – гематологические показатели 40 пациентов с хронической болезнью почек без хронической почечной недостаточности, в третьей группе – 84 больных с хронической болезнью почек и терминальной стадией хронической почечной недостаточности. Исследовались следующие 25 лабораторных показателей: гемоглобин, эритроциты, цветовой показатель, лейкоциты, палочкоядерные нейтрофильные лейкоциты, сегментоядерные нейтрофильные лейкоциты, эозинофилы, базофилы, лимфоциты, моноциты, СОЭ, общий белок, альбумины, мочевины, креатинин, билирубин, бета-липопротеиды, холестерин, глюкоза, серомукоид, сиаловая кислота, калий, натрий, хлор, кальций. Статистические, нейросетевые и алгоритмы с элементами нечетких нейронных сетей применялись на выборке, состоящей из гематологических показателей 274 больных хронической болезнью почек и здоровых на основе 25 лабораторных показателей. Математическое моделирование проводилось на кафедре «Компьютерные технологии» Пензенского государственного университета.

Результаты. Результативность нейросетевой диагностики синдрома эндогенной интоксикации у больных с хронической болезнью почек без хронической почечной недостаточности достигла 88,2%, а у больных с хронической болезнью почек и хронической почечной недостаточностью – 97,6%.

Выводы. Нейросетевой способ диагностики может способствовать улучшению ранней диагностики синдрома эндогенной интоксикации в амбулаторной хирургии.

Ключевые слова: диагностика, гнойные заболевания, прогнозирование, нейросеть, синдром эндогенной интоксикации, хроническая почечная недостаточность

Для цитирования: Соломаха А.А., Власов А.П., Горбаченко В.И. Амбулаторная диагностика эндогенной интоксикации в хирургии. *Амбулаторная хирургия*. 2022;19(1):140–145. <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2022-19-1>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Outpatient diagnosis of endogenous intoxication in surgery

Anatoliy A. Solomakha^{1✉}, natoly.solomakha@yandex.ruAlexey P. Vlasov², <http://orcid.org/0000-0003-4731-2952>, vap.61@yandex.ruVladimir I. Gorbachenko¹, <https://orcid.org/0000-0002-1012-8855>, gorvi@mail.ru¹ Penza State University; 40, Krasnaya St., Penza, 440026, Russia² National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev; 68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia

Abstract

Introduction. In recent years, there has been an increase in the number of patients with purulent surgical diseases with severe endogenous intoxication and renal dysfunction. The problem of early diagnosis of purulent diseases is still not completely solved. The health systems of developed industrial Western countries do not always manage to provide all citizens with adequate high-quality medical care. This is due to the current health crisis. The problems of diagnosis, treatment, prevention and prediction of purulent diseases in surgery can be solved thanks to advanced digital technologies.

Aim of the study. To develop a diagnostic method for early detection of endogenous intoxication in outpatient surgery.

Materials and methods. We created three groups of observations for the design of a neural network system for the diagnosis of endogenous intoxication syndrome and chronic kidney disease. In the first group, the hematological parameters of 150 healthy people were studied. In the second group, the hematological parameters of 40 patients with chronic kidney disease without chronic kidney failure were studied. The third group included 84 patients with chronic kidney disease and end-stage chronic kidney failure. The following 25 laboratory parameters were studied: hemoglobin, red blood cells, color index, white blood cells, rod-shaped neutrophil white blood cells, segmental neutrophil white blood cells, eosinophils, basophils, lymphocytes, monocytes, ESR, total protein, albumins, urea, creatinine, bilirubin, beta-lipoproteins, cholesterol, glucose, seromucoid, sialic acid, potassium, sodium, chlorine, calcium. Statistical, neural network and algorithms with elements of fuzzy neural networks were used on a sample consisting of hematological parameters of 274 patients with chronic kidney disease and healthy ones based on 25 laboratory parameters. Mathematical modeling was carried out at the Department of "Computer Technologies" of the Penza State University.

Results. The effectiveness of neural network diagnostics of endogenous intoxication syndrome in patients with chronic kidney disease without chronic kidney failure reached 88.2%, and in patients with chronic kidney disease and chronic kidney failure – 97.6%.

Conclusion. The neural network method of diagnosis can help improve the early diagnosis of endogenous intoxication syndrome in outpatient surgery.

Keywords: diagnosis, complications, prognosis, neural network, endogenous intoxication syndrome, purulent-destructive diseases, chronic renal failure

For citation: Solomakha A.A., Vlasov A.P., Gorbachenko V.I. Outpatient diagnosis of endogenous intoxication in surgery. *Ambulatoynaya Khirurgiya*. 2022;19(1):140–150. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/1995-1477-2022-19-1>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

● ВВЕДЕНИЕ

Гнойно-воспалительные заболевания и их осложнения непосредственно влияют на временную или стойкую утрату трудоспособности хирургических больных. Диагностика гнойных заболеваний является актуальной и непрерывно совершенствующейся медицинской технологией. В последние годы отмечается рост числа больных с гнойными заболеваниями с выраженной эндогенной интоксикацией и почечной дисфункцией [1]. Проблема ранней диагностики гнойных заболеваний до сих пор окончательно не решена [2].

Системам здравоохранения развитых промышленных западных стран не всегда удается успешно обеспечить всех граждан адекватной высококачественной медицинской помощью. Это обусловлено наступившим кризисом здравоохранения. Сущность этого явления объясняется повышением сложности медико-технического оборудования и его подорожанием, которое применяется для постановки клинического диагноза и лечения больных [3].

Поэтому решение проблем диагностики, лечения, профилактики и прогнозирования риска развития гнойных заболеваний и их осложнений в хирургии станет возможным благодаря передовым цифровым технологиям и искусственному интеллекту [4, 5].

Цель исследования – разработать способ ранней диагностики эндогенной интоксикации в амбулаторной хирургии.

Материалы и методы. Нами были созданы три группы наблюдений для проектирования нейросетевой системы диагностики синдрома эндогенной

интоксикации и хронической болезни почек для амбулаторной клинической практики.

В первой группе исследовались гематологические показатели 150 здоровых людей, во второй – 40 пациентов с хронической болезнью почек без хронической почечной недостаточности, в третьей – 84 больных с хронической болезнью почек и терминальной стадией хронической почечной недостаточности [6–8].

Исследовались следующие 25 лабораторных показателей: гемоглобин, эритроциты, цветовой показатель, лейкоциты, палочкоядерные нейтрофильные лейкоциты, сегментоядерные нейтрофильные лейкоциты, эозинофилы, базофилы, лимфоциты, моноциты, СОЭ, общий белок, альбумины, мочевины, креатинин, билирубин, бета-липопротеиды, холестерин, глюкоза, серомукоид, сиаловая кислота, калий, натрий, хлор, кальций.

Статистические, нейросетевые и алгоритмы с элементами нечетких нейронных сетей применялись на выборке, состоящей из гематологических показателей 274 больных хронической болезнью почек и здоровых на основе 25 лабораторных показателей. Математическое моделирование проводилось на кафедре «Компьютерные технологии» Пензенского государственного университета.

Этапом исследования являлось изучение гематологических показателей трех групп на соответствие или несоответствие нормальному статистическому закону распределения. Необходимость этого этапа важна для последующего выбора метода анализа медицинских данных: статистического или нейросетевого моделирования. В случае если имеет место при распределении показателей нормальный статистический закон, выбираются

статистические параметрические методы. В случае отсутствия нормального закона распределения выбираются статистические непараметрические методы, если выборки репрезентативны, или нейросетевое моделирование при наличии неполных данных. С этими ситуациями мы разбирались в процессе научного исследования. Разработка набора нейросетевых моделей на непредставительной выборке и успешная апробация их на репрезентативных данных помогли выбрать из них наиболее информативные.

Применение статистического пакета Statistics Toolbox Matlab позволило создать гистограммы по каждому гематологическому показателю с наложением функции плотности вероятности нормального закона распределения по выборкам [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нейросетевая и нейро-нечеткая диагностические системы позволяют врачу выполнять полуавтоматический процесс ввода и дальнейшего изучения сведений о больных в амбулаторных условиях. Разработанные информационные системы облегчают врачу работу благодаря средствам визуализации, защите информации о пациентах в виде идентифицирующего кода и максимальной защиты персональных данных больных, дружественному интерфейсу, удобной и репрезентативной базе данных, хорошим возможностям для проведения диагностики синдрома эндогенной интоксикации, редактированию полученных показателей и их четкой интерпретации, скорости постановки диагноза, высокой надежности и отказоустойчивости в процессе эксплуатации системы в медицинской организации. Таким образом, нейросетевая и нейро-нечеткая системы позволяют врачу осуществить следующие действия: регистрировать данные больных и выполнять диагностику синдрома эндогенной интоксикации и хронической болезни почек, заполнять недостающие значения, разрабатывать структуру нейросети или нейро-нечеткой нейросети, выполнять процедуру обучения, производить вывод результатов обучения в «окно» интерфейса, разрабатывать информационную карту хирургического амбулаторного больного, архивировать полученные сведения о больных в базе данных.

Эксперименты проводились на компьютере с процессором Intel Core i5 2,4 ГГц с 8 Гб оперативной памяти DDR3 1600 МГц под управлением операционной системы macOS Mojave версии 10.14.6.

С целью иллюстрации представлено главное «окно» программы, интерфейс ввода логина и пароля, результаты диагностики по 2 или 25 показателям на рис. 1–5.

Разработаны программы нейросетевой диагностики синдрома эндогенной интоксикации и гнойно-

воспалительных осложнений в хирургии [10–12]. Имеется торговый знак с логотипом [13]. Рекомендуем осуществлять нейросетевую диагностику эндогенной интоксикации в амбулаторных условиях с помощью разработанного программного обеспечения.

РИСУНОК 1. Визуализация главного «окна» программы

FIGURE 1. Visualization of the main “window” of the program



РИСУНОК 2. Визуализация «окна» для ввода логина и пароля

FIGURE 2. Visualization of the “window” to enter a login and password

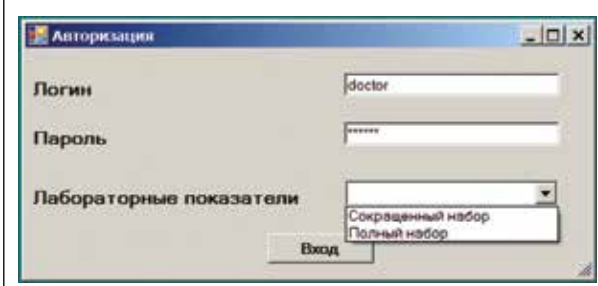


РИСУНОК 3. Визуализация результата нейросетевой диагностики по двум показателям

FIGURE 3. Visualization of the result of neural network diagnosis using two indicators

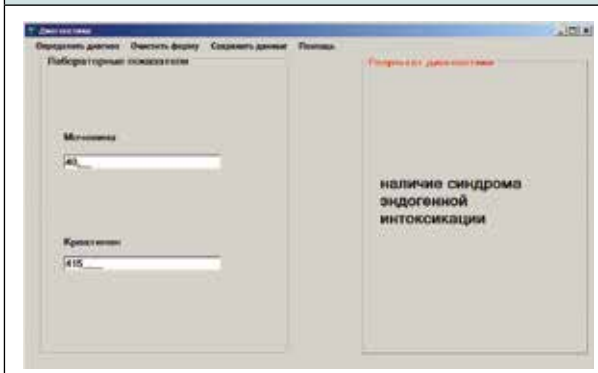


РИСУНОК 4. Визуализация результата нейросетевой диагностики по 25 показателям
FIGURE 4. Visualization of the result of neural network diagnosis using 25 indicators

Лабораторные показатели

Гемоглобин, г/л	Общий белок	Натрий
125	55	145
Эритроциты	Альбумины	Хлор
3_4	28,0	95
Цветовой показатель	Мочевина	Кальций
0_8	14,5	1_1
Лейкоциты	Креатинин	
14,0	245,0	
Палочкоядерные	Билирубин	
8	35,0	
Сегментоядерные	В-липопротеиды	
78	3	
Эозинофилы	Холестерин	
4	5	
Базофилы	Глюкоза	
10,0	3	
Лимфоциты	Серомукоид	
57	0_12	
Моноциты	Смаловая к-та	
12	2_1	
Скорость оседания эритроцитов, мм/ч	Калий	
78	3_6	

Результат диагностики:
наличие синдрома эндогенной интоксикации

РИСУНОК 5. Визуализация результата нейросетевой диагностики синдрома эндогенной интоксикации и хронической болезни почек
FIGURE 5. Visualization of the result of neural network diagnosis of endogenous intoxication syndrome and chronic kidney disease

Вход: 85 60 20 400 20 55 1

Терминалы:

Вход	Функция принадлежности (Нечеткие входы)	Заключение	Нечеткий вывод
общий белок : 85	общий белок	Основание	Результаты диагностики
альбумины : 60	Высокий:0,727272727272727	Правило :1	наличие СЭИ
мочевина : 20	альбумины		
креатинин : 400	Высокий:0,333333333333333		
билирубин : 20	мочевина		
	Высокий:0,655913978494624		
	креатинин		
	Высокий:0,430141287264144		
	билирубин		
	Высокий:0,0410742486050553		

Итог: 11 стадия Хронической болезни почек

Входы: 5 Выходы: 1 Правила: 9

ВЫВОДЫ

Наиболее информативными на основе статистических методов в нейросетевом моделировании были следующие лабораторные показатели: общий белок, альбумин, мочеви́на, креатинин, билирубин. В последующем применялись пакеты MATLAB и Neural Network Toolbox. Использовались однослойный и многослойный перцептроны. На вход нейросетей подавались пять или двадцать пять лабораторных показателей. В результате экспериментов было установлено, что наилучшей в диагностическом плане является многослойная нейросеть с 16 нейронами в скрытом слое и минимальным количеством ошибок, не более 8,3%. Причем важно отметить, что процент здоровых лиц, отнесенных нейросетью к больным, составил около 6%.

Испытания нейросетевой диагностики эндогенной интоксикации с почечной дисфункцией выполнено у 126 пациентов в амбулаторных условиях. Ранняя диагностика эндогенной интоксикации на основе

лабораторных показателей с помощью нейросетевой системы определена у 83 больных. В дальнейшем лабораторная и нейросетевая диагностика повторно выполнялась через 3–5 дней. Установлена стабильная работа нейросетевого программного обеспечения. Нейросетевая система диагностики позволяет ускорить процесс анализа данных и запоминать их.

Результативность нейросетевой диагностики синдрома эндогенной интоксикации в стационаре у больных с хронической болезнью почек без хронической почечной недостаточности достигла 88,2% (40 больных), а у больных с хронической болезнью почек и хронической почечной недостаточностью – 97,6% (84 больных). Нейросетевой способ диагностики может способствовать улучшению ранней диагностики синдрома эндогенной интоксикации в амбулаторной хирургии.

Поступила / Received 28.07.2021

Поступила после рецензирования / Revised 15.08.2021

Принята в печать / Accepted 20.08.2021

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Рощев И.П., Шойхет Я.Н., Сыздыкбаев М.К., Капитулин С.Ю. Комплексное лечение больных острыми инфекционными деструктивными заболеваниями легких. *Современные проблемы науки и образования*. 2014;(3). Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=13268>. Roshchev I.P., Shoiokhet Ya.N., Syzdykbayev M.K., Kapituln S. Yu. Complex treatment of patients with acute infectious destructivelung diseases. *Modern Problems of Science and Education*. 2014;(3). (In Russ.) Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=13268>.
2. Ясногородский О.О., Гостищев В.К., Шулуто А.М., Пинчук Т.П., Стручков Ю.В., Талдыкин М.В. и др. Абсцесс и гангрена легкого: эволюция методов лечения. *Новости хирургии*. 2020;28(2): 150–158. <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2020.2.150>. Yasnogorodsky O.O., Gostischev V.K., Shulutko A.M., Pinchuk T.P., Struchkov Yu.V., Taldykin M.V. et al. Abscess and gangrene of thelung: the evolution of treatment methods. *Novosti Khirurgii*. 2020;28(2):150–158. (In Russ.) <https://doi.org/10.18484/2305-0047.2020.2.150>.
3. Максимова Л.В., Омеляновский В.В., Сура М.В. Анализ систем здравоохранения ведущих зарубежных стран. *Медицинские технологии. Оценка и выбор*. 2014;(1):37–45. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sistem-zdravoohraneniya-veduschih-zarubezhnyh-stran/viewer>. Maksimova L.V., Omelyanovsky V.V., Sura M.V. Analysis of healthcare systems ofleading foreign countries. *Medical Technologies. Assessment and Choice*. 2014;(1):37–45. (In Russ.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sistem-zdravoohraneniya-veduschih-zarubezhnyh-stran/viewer>.
4. Карпов О.Э., Гаврюшин С.С., Замятин М.Н., Епифанов С.А., Хрыков С.С. Цифровые технологии в современной реконструктивной хирургии. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова*. 2016;(2):3–8. Режим доступа: <http://www.pirogov-center.ru>. Karpov O.E., Gavryushin S.S., Zamyatin M.N., Epifanov S.A., Khrykov S.S. Digital technologies in modern reconstructive surgery. *Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center*. 2016;(2):3–8. (In Russ.) Available at: <http://www.pirogov-center.ru>.
5. Карпов О.Э., Ветшев П.С., Даминов В.Д., Епифанов С.А., Зуев А.А., Кузьмин П.Д., Махнев Д.А. Цифровые технологии в клинической хирургии и реабилитации. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2017;(1):4–14. <https://doi.org/10.17116/hirurgia201714-14>. Karpov O.E., Vetshev P.S., Daminov V.D., Epifanov S.A., Zuev A.A., Kuzmin P.D., Makhnev D.A. Digital technologies in clinical surgery and rehabilitation. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. 2017;(1):4–14. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/hirurgia201714-14>.
6. Соломаха А.А., Евстигнеев С.В. Клинико-лабораторные показатели крови здоровых доноров. *Свидетельство Роспатента о государственной регистрации базы данных №2013621106*. Solomakha A.A., Evstigneev S.V. *Clinical and Laboratory Blood Parameters of Healthy Donors. Certificate of Rospatent on State Registration of the Database No. 2013621106*. (In Russ.)
7. Соломаха А.А., Горбаченко В.И., Кузнецова О.Ю. Лабораторные показатели крови больных хронической почечной недостаточностью. *Свидетельство Роспатента о государственной регистрации базы данных №2013621103*. Solomakha A.A., Gorbachenko V.I., Kuznetsova O.Yu. *Laboratory Blood Parameters of Patients With Chronic Renal Failure. Certificate of Rospatent on State Registration of the Database No. 2013621103*. (In Russ.)
8. Соломаха А.А., Горбаченко В.И., Милова К.А. Клинико-лабораторные параметры крови больных с гнойно-деструктивными заболеваниями легких. *Свидетельство Роспатента о государственной регистрации базы данных №2013621105*. Solomakha A.A., Gorbachenko V.I., Milova K.A. *Clinical and Laboratory Parameters of the Blood of Patients With Purulent-Destructive Lung Diseases. Certificate of Rospatent on State Registration of the Database No. 2013621105*. (In Russ.)
9. Кузнецова О.Ю., Горбаченко В.И., Соломаха А.А. Нейросетевые и нейро-нечеткие технологии диагностики синдрома эндогенной интоксикации с почечной дисфункцией. Пенза: Приволжский дом знаний; 2014. 236 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007838671>.



- Kuznetsova O.Yu., Gorbachenko V.I., Solomakha A.A. *Neural Network and Neuro-fuzzy Technologies for the Diagnosis of Endogenous Intoxication Syndrome With Renal Dysfunction*. Penza: Privolzhsky House of Knowledge; 2014. 236 p. (In Russ.) Available at: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007838671>.
10. Милова К.А., Горбаченко В.И., Соломаха А.А. *Нейросетевая система прогнозирования риска гнойно-воспалительных осложнений в хирургии. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010616453*. Milova K.A., Gorbachenko V.I., Solomakha A.A. *Neural Network System for Predicting the Risk of Purulent-Inflammatory Complications in Surgery. Certificate of Rospatent on State Registration of the Computer Program No. 2010616453*. (In Russ.)
 11. Белова О.Ю., Горбаченко В.И., Соломаха А.А. *Экспертная система диагностики синдрома эндогенной интоксикации. Свидетельство Роспатента об официальной регистрации программы для ЭВМ №2010611803*. Belova O.Yu., Gorbachenko V.I., Solomakha A.A. *Expert System for Diagnosing Endogenous Intoxication Syndrome. Certificate of Rospatent on the Official Registration of the Computer Program No. 2010611803*. (In Russ.)
 12. Кузнецова О.Ю., Горбаченко В.И., Соломаха А.А. *Нейро-нечеткая система диагностики синдрома эндогенной интоксикации с почечной дисфункцией. Свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014618350*. Kuznetsova O.Yu., Gorbachenko V.I., Solomakha A.A. *Neuro-fuzzy Diagnostic System for Endogenous Intoxication Syndrome With Renal Dysfunction. Certificate of Rospatent on State Registration of the Computer Program No. 2014618350*. (In Russ.)
 13. Соломаха А.А., Горбаченко В.И., Митрошин А.Н. *Система диагностики осложнений в хирургии. Торговый знак и логотип. 12 мая 2021 г. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, г. Пенза, ул. Красная, д. 40, Россия. Solomakha A.A., Gorbachenko V.I., Mitroshin A.N. *System of diagnosis of complications in surgery. Trademark and logo. May 12, 2021. Copyright holder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Penza State University" of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Penza, Krasnaya St., 40, Russia*. (In Russ.)*

Информация об авторах:

Соломаха Анатолий Анатольевич, к.м.н., доцент кафедры хирургии, Пензенский государственный университет; 440026, Россия, Пенза, ул. Красная, д. 40; anatoly.solomakha@yandex.ru

Власов Алексей Петрович, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой факультетской хирургии, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева; 430005, Россия, Саранск, ул. Большевикская, д. 68; vap.61@yandex.ru

Горбаченко Владимир Иванович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Компьютерные технологии», Пензенский государственный университет; 440026, Россия, Пенза, ул. Красная, д. 40; gorvi@mail.ru

Information about the authors:

Anatoliy A. Solomakha, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of Department of Surgery, Penza State University; 40, Krasnaya St., Penza, 440026, Russia; anatoly.solomakha@yandex.ru

Alexey P. Vlasov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department of Intermediate Level Surgery, National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev; 68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia; vap.61@yandex.ru

Vladimir I. Gorbachenko, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of Computer Technology Department, Penza State University; 40, Krasnaya St., Penza, 440026, Russia; gorvi@mail.ru